



INSTITUTO FEDERAL DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE PERNAMBUCO
Campus Recife
Departamento Acadêmico de Ambiente, Saúde e Segurança (DASS)
Curso Superior de Tecnologia em Gestão Ambiental

KARINA FRANCINE ROMÃO CALDAS

**ESTUDO DA INFLUÊNCIA DAS MUDANÇAS CLIMÁTICAS NA EROSÃO
MARINHA DOS MUNICÍPIOS LITORÂNEOS DE PAULISTA E OLINDA EM
PERNAMBUCO**

Recife

2018

KARINA FRANCINE ROMÃO CALDAS

**ESTUDO DA INFLUÊNCIA DAS MUDANÇAS CLIMÁTICAS NA EROSÃO
MARINHA DOS MUNICÍPIOS LITORÂNEOS DE PAULISTA E OLINDA EM
PERNAMBUCO**

Monografia apresentada como requisito final
do Trabalho de Conclusão do Curso Superior
de Tecnologia em Gestão Ambiental do
Instituto Federal de Educação, Ciência e
Tecnologia de Pernambuco, para obtenção do
título de Tecnólogo em Gestão Ambiental.

Orientador: Prof. Dr. Hernande Pereira da
Silva

Recife

2018

Ficha elaborada pela bibliotecária Emmely Cristiny Lopes Silva CRB4/1876

C145e

2018 Caldas, Karina Francine Romão.

Estudo da influência das mudanças climáticas na erosão marinha dos municípios litorâneos de Paulista e Olinda em Pernambuco / Karina Francine Romão Caldas. --- Recife: O autor, 2018.

59f. il. Color.

TCC (Curso Superior de Tecnologia em Gestão Ambiental) – Instituto Federal de Pernambuco, Departamento Acadêmico de Ambiente, Saúde e Segurança - DASS, 2018.

Inclui Referências.

Orientadora: Professor Dr. Hernade Pereira da Silva

KARINA FRANCINE ROMÃO CALDAS

**ESTUDO DA INFLUÊNCIA DAS MUDANÇAS CLIMÁTICAS NA EROSÃO
MARINHA DOS MUNICÍPIOS LITORÂNEOS DE PAULISTA E OLINDA EM
PERNAMBUCO**

Monografia apresentada como requisito final do Trabalho de Conclusão de Curso para obtenção do título de Tecnólogo em Gestão Ambiental ao término do Curso Superior de Tecnologia em Gestão Ambiental do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Pernambuco.

COMISSÃO EXAMINADORA

Profº. Dr. Hernande Pereira da Silva
(Orientador)

José Severino Bento
(Examinador Interno)

Ronaldo Faustino da Silva
(Examinador Externo)

Recife
2018

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus, que permitiu que tudo isso acontecesse ao longo da minha vida, e não somente nestes anos como universitária, mas que em todos os momentos é o maior mestre que alguém pode conhecer.

Aos meus pais, irmã e avó por todo amor, apoio, confiança e sustento que me dão desde sempre.

Aos meus familiares, amigos e Everton pelas palavras de coragem, apoio e amor.

Agradecer ao meu Orientador e Professor Hernande Pereira por ter me ajudado desde o começo, me oferecendo oportunidades e pelo empenho dedicado à elaboração deste trabalho.

Aos meus professores, e em especial o Professor Bento por ter me proporcionado o conhecimento e por ter me ajudado no processo de formação profissional, serei eternamente grata.

Ao Instituto Federal de Pernambuco pela oportunidade de fazer o curso e por tantas outras oportunidades que foram dadas no decorrer da graduação.

Ao Laboratório de Geoprocessamento e Sensoriamento Remoto (Geosere – UFRPE), pelos três anos de estágio, onde foi adquirido conhecimento e satisfação de conhecer alguns colegas.

A todos que direta e indiretamente fizeram parte da minha formação, o meu muito obrigada.

Tudo é possível para quem tem fé.

(Marcos 9:23)

RESUMO

As mudanças climáticas vem sendo palco de pesquisas e consequentes discussões, tomando assim, seu espaço cada vez maior na sociedade, sabendo-se que as alterações ocorridas são causadas pelo aumento das emissões dos gases do efeito estufa no Planeta. De forma inesperada essas alterações provocam chuvas que acabam com construções, terremotos, destroem cidades, praias são tomadas por ondas cada vez maiores. De acordo com o IPCC em 2007 a temperatura média global vem aumentando, ocorrendo assim o descongelamento das geleiras e também a erosão costeira em algumas praias do Planeta. A erosão costeira sendo uma das causas das mudanças do clima, é um problema verificado em aproximadamente 1/3 das praias pernambucanas. Nas praias dos municípios de Paulista e Olinda ambas na Região Metropolitana do Recife (RMR) em Pernambuco, esse problema vem ocorrendo há anos, desta forma o presente trabalho vem analisar a influência que as mudanças climáticas vem causando na erosão marinha nos municípios em estudo. Para isso, utilizou-se do geoprocessamento e sensoriamento remoto, que são tecnologias que proporcionam a obtenção de imagens e análises das informações de fenômenos que acontecem na superfície terrestre. Onde foi possível também um maior entendimento da dinâmica de marés e confirmar o ganho de sedimentos da praia de Olinda e Pau Amarelo e a diminuição desses sedimentos na praia do Janga, analisando e confirmando o efeito que as mudanças climáticas vem trazendo ao meio ambiente.

Palavras-chave: Sensoriamento Remoto. Mudanças Climáticas. Região Metropolitana do Recife

ABSTRACT

Climate change has been the scene of research and consequent discussions, thus taking its growing space in society, knowing that the changes that have occurred are caused by the increase in greenhouse gas emissions on the planet. Unexpectedly these changes cause rains that destroy buildings, earthquakes, destroy cities, beaches are taken by ever-increasing waves. According to the IPCC in 2007, the global average temperature has been increasing, resulting in the thawing of the glaciers and also the coastal erosion in some of the planet's beaches. Coastal erosion, one of the causes of climate change, is a problem found in approximately one third of the beaches in Pernambuco. On the beaches of the municipalities of Paulista and Olinda both in the Metropolitan Region of Recife (RMR) in Pernambuco, this problem has been occurring for years, in this way the present work analyzes the influence that climate change has been causing on marine erosion in the municipalities under study. For this, geoprocessing and remote sensing were used, which are technologies that provide images and analysis of the information of phenomena that occur on the Earth's surface. It was also possible to better understand the dynamics of tides and to confirm the sediment gain of the beach of Olinda and Pau Amarelo and the decrease of these sediments at Janga beach, analyzing and confirming the effect that climate change has brought to the environment.

Keywords: Remote Sensing. Climate Change. Metropolitan Region of Recife.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Representação do Esquema dos componentes do sistema climático.....	16
Figura 2 - Representação do Ambiente Praial.....	19
Figura 3 - Gráfico do nível médio anual do mar em Recife.....	21
Figura 4- Representação de Obtenção de Imagem com Sensoriamento Remoto.....	23
Figura 5 - Localização da área de estudo.....	25
Figura 6 - Visita à Orla de Olinda.....	30
Figura 7 - Vetorização da Orla de Olinda em 2003.....	30
Figura 8 - Vetorização da Orla de Olinda em 2010.....	31
Figura 9 - Vetorização da Orla de Olinda em 2011.....	31
Figura 10 - Vetorização da Orla de Olinda em 2014.....	32
Figura 11 - Vetorização da Orla do Olinda em 2016.....	33
Figura 12 - Visita à Orla do Janga	37
Figura 13 - Vetorização da Orla do Janga em 2007.....	38
Figura 14 - Vetorização da Orla do Janga em 2009.....	38
Figura 15 - Vetorização da Orla do Janga em 2011.....	39
Figura 16 - Vetorização da Orla do Janga em 2014.....	39
Figura 17 - Vetorização da Orla do Janga em 2016.....	40
Figura 18 - Visita à Orla de Pau Amarelo.....	43
Figura 19 - Vetorização da Orla de Pau Amarelo em 2003.....	43
Figura 20 - Vetorização da Orla de Pau Amarelo em 2009.....	44
Figura 21 - Vetorização da Orla de Pau Amarelo em 2011.....	45
Figura 22 - Vetorização da Orla de Pau Amarelo em 2014.....	46
Figura 23 - Vetorização do Pontal de Pau Amarelo em 2016.....	47
Figura 24: Visita ao Pontal de Maria Farinha.....	51
Figura 25 - Vetorização do Pontal de Maria Farinha em 2003.....	51
Figura 26 - Vetorização do Pontal de Maria Farinha em 2009.....	52
Figura 27 - Vetorização do Pontal de Maria Farinha em 2014.....	52
Figura 28 - Vetorização do Pontal de Maria Farinha em 2016.....	53

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Tábua de Marés da Orla de Olinda dos anos 2010, 2011 e 2016.....	29
Quadro 2 - Coordenadas da Orla de Olinda.....	29
Quadro 3 - Área da orla de Olinda durante 13 anos.....	34
Quadro 4 - Variação dos anos em estudo.....	35
Quadro 5 - Tábua de maré da Orla do Janga dos anos 2009, 2011 e 2016.....	36
Quadro 6 - Coordenadas da Orla do Janga.....	37
Quadro 7 - Área da Orla do Janga durante 10 anos.....	40
Quadro 8 - Variação dos anos em estudo.....	41
Quadro 9 - Tábua de marés da Orla de Pau Amarelo dos anos 2009 e 2016.....	42
Quadro 10 - Coordenadas da Orla de Pau Amarelo.....	42
Quadro 11 - Área da Orla de Pau Amarelo durante 13 anos.....	48
Quadro 12 - Coordenadas do Pontal de Maria Farinha.....	50
Quadro 13 - Tábua de maré do Pontal de Maria Farinha dos anos 2009 e 2016.....	50
Quadro 14 - Área do Pontal de Maria Farinha.....	53

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Variação da área da Orla de Olinda.....	35
Gráfico 2 - Variação da área da Orla do Janga.....	41
Gráfico 3 - Variação da área da Orla de Pau Amarelo.....	48
Gráfico 4 - Variação da área do Pontal de Maria Farinha.....	54

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

CPTEC – Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

IPCC - Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas

PBMC- Painel Brasileiro de Mudanças Climáticas

PE3D – Programa Pernambuco 3D

PNPOT – Programa Nacional da Política de Ordenamento do Território

REM – Radiação Eletromagnética

ZEPEC- Zonas Especiais de Proteção Cultural e Urbanística

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	13
2 OBJETIVOS.....	15
2.1 OBJETIVO GERAL.....	15
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	15
3 REFERENCIAL TEÓRICO.....	16
3.1 MUDANÇA DO CLIMA.....	16
3.2 EROSÃO COSTEIRA NO LITORAL PERNAMBUCANO.....	18
3.3 SENSORIAMENTO REMOTO E GEOPROCESSAMENTO.....	21
4 METODOLOGIA APLICADA.....	25
4.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO.....	25
4.2 AQUISIÇÃO DE IMAGEM DE SATÉLITE.....	26
4.3 TRATAMENTO DAS IMAGENS.....	26
4.4 TRABALHO EM CAMPO.....	27
4.5 CÁLCULO DAS ÁREAS ERODIDAS E DA TAXA DE EROSÃO.....	27
4.6 RELAÇÃO COM AS MUDANÇAS CLIMÁTICAS.....	27
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	28
5.1 MUNICÍPIO DE OLINDA.....	28
5.2 MUNICÍPIO DE PAULISTA.....	36
5.3 INFLUÊNCIA DAS MUDANÇAS CLIMÁTICAS.....	49
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	55
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	56

1 INTRODUÇÃO

A região costeira é um ecossistema frágil devido a sua localização na interface continente-oceano-atmosfera, onde os processos físicos, químicos, biológicos e geológicos característicos desta zona de interação atuam de forma dinâmica em que a sua estabilidade sedimentar e morfológica é controlada (IGNÁCIO et al, 2004).

Essa interação ocorre pelas oscilações do nível relativo do mar e pela tectônica global na escala mundial, enquanto o balanço entre os processos meteorológicos e oceanográficos e as descargas fluvial e sedimentar são determinados pela escala regional (IGNÁCIO et al, 2004).

Essas alterações são resultados das mudanças climáticas, assunto que vem causando preocupação em várias esferas, seja ela ambiental, econômica ou social. As mudanças climáticas e suas consequências é uma das causas de problemas na superfície terrestre, tornando-se assim tópico bastante discutido entre pesquisadores do mundo todo, buscando-se identificar as causas e apresentar soluções.

As áreas mais vulneráveis aos impactos diretos das mudanças climáticas globais são as zonas costeiras, sendo atingidas pela elevação do nível do mar, exposição a eventos extremos, aumento da temperatura e acidificação dos oceanos.

Segundo MUEHE (2001), no litoral de Pernambuco, a erosão marinha é um problema verificado em aproximadamente 1/3 das praias, os fatores que contribuem decisivamente para este processo são vários. Ele afirma ainda que em algumas praias é produto direto das intervenções antrópicas seja por ocupação das áreas adjacentes a praia (impermeabilização dos cordões marinhos arenosos holocênicos) e até das pós-praia, como é o caso particular da praia de Boa Viagem (bairro do Recife) e do litoral de Olinda e de Paulista, cidades da Região Metropolitana do Recife, seja pela construção de estruturas rígidas artificiais de proteção contra o processo erosivo, muitas vezes implantadas sem conhecimento técnico.

As praias de Paulista sofrem há décadas com a erosão marinha agravada pela ocupação desordenada de sua orla e a falta de planejamento urbano. Um exemplo disso pode ser constatado na praia do Janga, que há trinta anos possuía uma faixa de praia extensa e hoje (em alguns pontos) não passa de um calçadão (MEDEIROS, 2009).

Em 1958 foi construída em Olinda uma série de espigões e diques nas praias para combater a ressaca e a ação erosiva das ondas, pois a mesma destruiu boa parte dos estabelecimentos que ali se encontravam. Esses espigões e diques foram instalados depois da

ampliação do Porto do Recife. Desta forma o processo de erosão e seus graves prejuízos vêm cada vez mais deixando as autoridades e população preocupados

Uma forma de fazer estudos desses processos causados nas praias, é utilizando imagens de satélite, pois a mesma é de grande importância na percepção das mudanças que ocorrem na linha de costa e no litoral como um todo. O uso do sensoriamento remoto torna-se fundamental para obtenção de dados espaço temporais atuando como uma ferramenta poderosa para identificação dos problemas causados pelo não planejamento adequado do espaço físico destinado para urbanização, (LI et al., 2011), além de realizar análises de padrões, tendências e interações sobre as áreas costeiras.

O geoprocessamento, sendo uma ferramenta de significativa aplicação nesse tipo de Estudo e na necessidade de monitoramento do território em função da dinâmica de transformação, ajuda de forma ampla nesses dados obtidos, pois se trata do processo de informatização de dados georreferenciados, utilizando programa computacional.

O sensoriamento remoto e o geoprocessamento oferecem meios eficientes de representação de dados e permitem a identificação dos processos que produzem a diferenciação e a evolução espacial. Pois, a utilização dessas técnicas permite estimar a área perdida e atual, podendo subsidiar planos de gerenciamento ambiental.

Considera-se assim, a necessidade e importância de estudar a influência das mudanças climáticas na erosão marinha dos litorais de Paulista e Olinda, fazendo a utilização das técnicas de sensoriamento remoto e geoprocessamento, tornando possível a realização do gerenciamento visando a tomada de decisões em ambientes costeiros.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Utilizar técnicas de sensoriamento remoto e geoprocessamento no suporte ao estudo da influência das mudanças climáticas na erosão marinha dos municípios litorâneos de Paulista e Olinda em um período de quinze anos.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

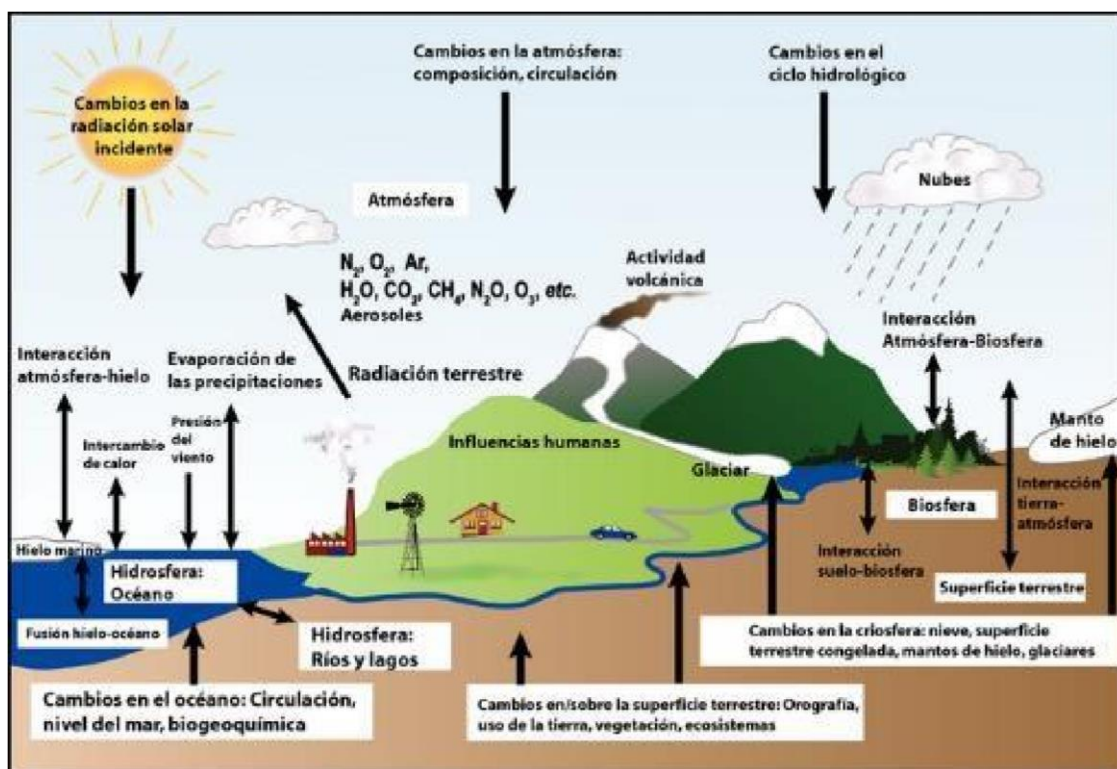
- Selecionar imagens de satélites a partir do ano de 2003 do Google Earth Pro e a partir do ano de 2014 do Programa Pernambuco Tridimensional (PE3D) dos municípios de Paulista e Olinda.
- Identificar locais impactados com o processo de erosão marinha na década de 2003 a 2017.
- Mensurar as áreas erodidas no litoral de Paulista e Olinda ao longo do período estudado.
- Estimar ou aferir a Taxa de erosão nas praias de ao longo do período estudado.
- Relacionar a ocorrência da erosão marinha com as mudanças climáticas.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 MUDANÇA DO CLIMA

De acordo com o Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas - IPCC (2007), as mudanças do clima estão associadas tanto à variabilidade natural quanto à variabilidade originada como consequência das atividades do homem. O sistema climático atua dentro de um complexo funcional interligado, composto por elementos como a superfície da terra, os oceanos e águas, camadas de gelo e neve, a atmosfera e corpos vivos (figura 1).

Figura 1 - Esquema dos componentes do sistema climático, seus processos e interações



Fonte: IPCC, 2003.

Esses elementos interagem através de processos naturais como o balanceamento entre a atmosfera e os oceanos, o efeito estufa, os processos de evaporação, entre outros. Tendo desta forma a finalidade de manter o equilíbrio entre a energia que é recebida pelo sol e posteriormente sua liberação no espaço, sendo a condição necessária para conservar a estabilidade do clima.

Porém, a problemática surge quando se estimula externamente esse processo e pressiona-se a um aquecimento maior ao gerado naturalmente. Portanto, qualquer

desequilíbrio causado por fatores externos dentro dos processos e componentes que interferem no sistema climático e seu balanceamento de energia, deve produzir alterações climáticas (COMIM, 2008).

Ainda de acordo com Comim, as mesmas podem se manifestar através das mudanças da temperatura, de precipitações, umidade, aumento de eventos extremos e uma série de outros efeitos de realimentação (“feedback”), ou seja, efeitos que podem induzir a outro tipo de reações ao interagir com outros elementos do ambiente.

Segundo o relatório do IPCC 2007, desde 1961 observações mostram que a temperatura média do oceano global aumentou em profundidades de até pelo menos 3000 m e que o oceano tem absorvido mais de 80% do calor acrescentado ao sistema climático. Esse aquecimento faz com que a água do mar se expanda, o que contribui para a elevação do nível do mar. Outro fator também relatado pelo IPCC, é que as geleiras de montanha e a cobertura de neve diminuíram, em média, nos dois hemisférios. Reduções generalizadas das geleiras e calotas de gelo contribuíram também para a elevação do nível do mar.

O tema mudanças climáticas começou a fazer parte da agenda internacional na década de 80 do século passado, a partir de alguns trabalhos científicos que indicavam o aumento da concentração de gás carbônico na atmosfera, associado a um aumento na temperatura terrestre (PLENARIUM, 2008).

O acelerado processo de ocupação urbana da zona costeira é um dos principais fatores do impacto ambiental na orla marítima. Conforme o capítulo 17 da agenda 21 esse crescimento populacional indica uma tendência para o ano de 2020 de uma população superior a 8 bilhões, onde cerca de 65% das cidades com mais 2,5 milhões de habitantes estarão situados na zona costeira. (CNUMAD, 1992).

Parte da preocupação com a mudança climática é de que ela ultrapasse os limites de resistência dos sistemas naturais, dentro dos quais participa o homem. Segundo o Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento (PNUD, 2007), o consenso científico define a fronteira para distinguir entre as alterações climáticas seguras e as perigosas, para o qual, aponta um máximo razoável de 2°C no aumento da temperatura (relativo ao período pré-industrial). Acima desse limite, os riscos climáticos podem ser catastróficos.

A mesma já faz parte da realidade política e econômica internacional, com repercussão em diversas áreas, afetando diretamente a vida das pessoas, atividades econômicas e o próprio equilíbrio dos recursos da biodiversidade. Este assunto vem ocupando um espaço cada vez maior nas preocupações das sociedades, tratando-se de um dos problemas mais relevantes atualmente, com impacto direto a vida humana no planeta (MCT, 2008).

3.2 EROSÃO COSTEIRA NO LITORAL PERNAMBUCANO

Um dos principais problemas da zona costeira em todo o mundo é a erosão costeira, de acordo com o Decreto Nº 5.300 de 7 de dezembro de 2004, zonas costeiras são classificadas como o espaço geográfico de interação do ar, do mar e da terra, o que inclui os recursos renováveis e não renováveis, e compreende uma faixa marítima, que se estende por doze milhas náuticas, e uma faixa terrestre, classificada como a área que engloba os municípios que sofrem diretamente a influência dos fenômenos incidentes na zona costeira, distantes até 50 km da linha da costa

O Programa Nacional da Política de Ordenamento do Território (PNPOT), no que toca à proteção e valorização da zona costeira, sintetiza que “a intensa e desordenada ocupação do litoral criou pressões e alterações significativas sobre o meio, originando situações de desequilíbrio e de erosão costeira, com graves consequências ambientais e paisagísticas” (MAOTDR, 2007, p. 17)

O crescimento da ocupação do litoral pelo homem e a consequente pressão antrópica sobre essa zona, nem sempre foi, ou é acompanhado de uma política clara de planos de gestão, de ordenamento e de desenvolvimento sustentado do litoral enquanto recurso natural. A resolução desses conflitos pode possibilitar a sustentabilidade ambiental de uma determinada área para que o problema não se torne mais grave no futuro (SILVA, 2008).

Dessa forma, a erosão costeira por ação antrópica é um perigo, com dispersão e expressão geográfica que constitui um risco, importando ser levado em conta quando se pretende o desenvolvimento e a sustentabilidade de uma região (BORGES, et al., 2004).

A erosão é um processo natural que sempre existiu e ajudou, ao longo da história, a modelar a costa, embora a evidência demonstre, no entanto, que agora a atual escala está longe de ser natural. A mesma representa a retirada de sedimentos da costa, a acreção ou processo inverso, podendo ser causadas pela variação do nível do mar, variação da fonte de sedimentos, modificações no regime de energias das ondas, ou resposta morfodinâmica às atividades antrópicas como os espigões, quebra-mares e portos (MUEHE, 1996).

O ambiente praial, segundo Komar (1998) pode ser dividido em quatro partes: dunas, pós-praia, praia média (estirâncio) e ante praia (Figura 2). Em um estudo realizado por Araújo et al. (2007) foi possível analisar a ocupação urbana das praias de Pernambuco, onde no setor Metropolitano do Estado apresentou 7% de sua extensão indicando a ocupação concomitante da pós-praia e do estirâncio, este último trata-se da faixa de litoral levemente inclinada para o mar entre os níveis médios da maré alta e baixa.

Figura 2 - Ambiente Praial



Fonte: RGCI, 2013

Nos 187 km de extensão litorânea de Pernambuco, é possível verificar em 33% das praias o problema da erosão costeira, em algumas praias é produto direto das intervenções antrópicas seja por ocupação das áreas adjacentes a praia (impermeabilização dos cordões marinhos arenosos holocênicos) e até das pós-praia, como é o caso do litoral de Olinda e de Paulista, seja pela construção de estruturas rígidas artificiais de proteção contra o processo erosivo, muitas vezes implantadas sem conhecimento técnico. Outro fator muito importante, do qual não pode esquecer é a elevação do nível do mar decorrente das mudanças climáticas. (MANSO, 2006).

Nas últimas décadas, a erosão costeira tem se tornado um problema de magnitude crescente nas praias do litoral central de Pernambuco. As primeiras referências à erosão costeira no Estado datam de 1914 (FINEP/UFPE 2009), e reportam os danos causados pela construção de um molhe localizado junto ao Istmo de Olinda.

Analisando os registros históricos sobre o problema de erosão de Pernambuco, é possível verificar a relação da construção e ampliação do Porto do Recife, fazendo com que as correntes marinhas sofressem modificações, como consequência atingiram o município de Olinda e com o passar dos anos o município de Paulista.

Desta forma, o município de Paulista está associado à construção dos molhes do Rio Paratibe, conhecido também como Rio Doce, no decorrer dos anos também atingidos. Com o

passar do tempo foi verificado a intensificação do processo de erosão, com isso foi realizado construções de obras rígidas para que fosse possível conter esse problema.

Em seus estudos, Manso et al. (2006) apontaram, no ano de 2002, para uma situação de erosão moderada na Praia de Maria Farinha, com redução da largura da pós praia e danos a estruturas localizadas nos distintos setores do sistema praial. Nas praias de Pau Amarelo e Janga, o processo erosivo era mais intenso na ocasião, com os mesmos impactos observados.

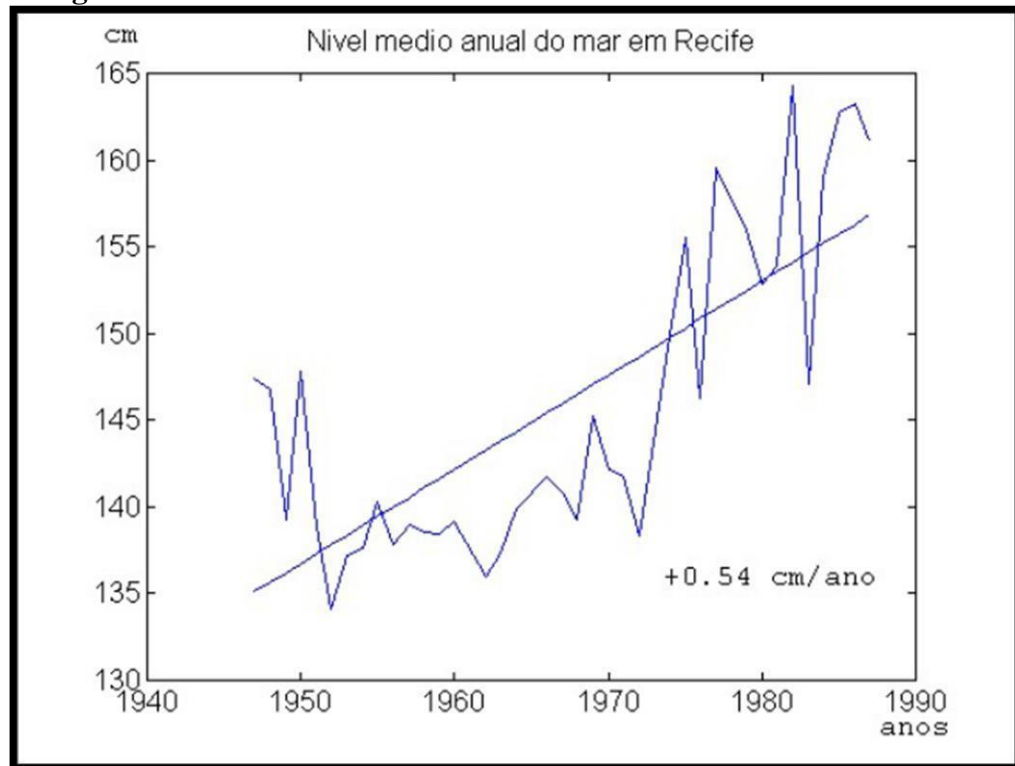
De acordo com Pereira et al. (2003), a atual configuração da praia resulta da evolução da costa influenciada pela construção de diversas estruturas de proteção costeira ao longo do litoral, as quais foram projetadas no intuito de mitigar o processo erosivo em curso no início dos anos 70.

Em muitos locais, as tentativas levadas a cabo para remediar a situação, como a construção de esporões, a agravaram ainda mais, ao gerar erosões a sotamar, sendo o lado ou o sentido para onde vão os sedimentos ou a corrente, em relação a um ponto de referência, neste caso o ponto são os esporões.

Por outro lado, se nada for feito, a erosão costeira devida a ações antrópicas irá, a longo termo, ameaçar a capacidade que as zonas costeiras têm de se adaptarem aos efeitos gerados pelas alterações climáticas, nomeadamente a subida das águas do mar e o aumento da frequência e intensidade dos eventos de tempestade. (MMA, Documento Síntese do I Simpósio Nacional de Erosão Costeira, 2006).

Sendo um desses eventos a elevação do nível médio do mar que em Recife subiu 5,6 milímetros entre 1946 e 1988, aumentando 24 centímetros em 42 anos (Figura 3). Com esse aumento no município de Recife apenas aumentou a erosão nas praias próximas, como Boa Viagem, Pina, Olinda e Paulista. (CNM, 2017)

Figura 3: Gráfico do nível médio anual do mar em Recife



Fonte: IO -USP.

Contudo, embora o tema seja bastante abordado nas instituições de pesquisa em Geociências de todo o país, as políticas de planejamento e ordenamento territorial, em especial aquelas na esfera da gestão costeira, pouco têm incorporado os conhecimentos adquiridos, resultando muitas vezes no desperdício de recursos financeiros públicos com a implantação de obras de engenharia costeira que acabam acelerando ainda mais a erosão. (SOUZA, 2009).

3.3 SENSORIAMENTO REMOTO E GEOPROCESSAMENTO

Uma das inúmeras definições que existe sobre o sensoriamento remoto por Lillesand & Kiefer (1994) é "a ciência e arte de receber informações sobre um objeto, uma área ou fenômeno pela análise dos dados obtidos de uma maneira tal que não haja contato direto com este objeto, esta área ou este fenômeno". Para se obter estas informações, usa-se um meio que, neste caso, é a energia eletromagnética.

Para Câmara et al (1996), o sensoriamento remoto é “o conjunto de processos e técnicas usados para medir propriedades eletromagnéticas de uma superfície, ou de um objeto, sem que haja contato entre o objeto e o equipamento sensor”.

O termo é também discutido por Novo, que o define como sendo a utilização de sensores para a aquisição de informações sobre objetos ou fenômenos sem que haja contato direto entre eles. Os sensores são equipamentos capazes de coletar a energia proveniente do objeto, convertê-la em sinal passível de ser registrado e apresentá-lo em forma adequada a extração de informações. (OLIVEIRA, 2004).

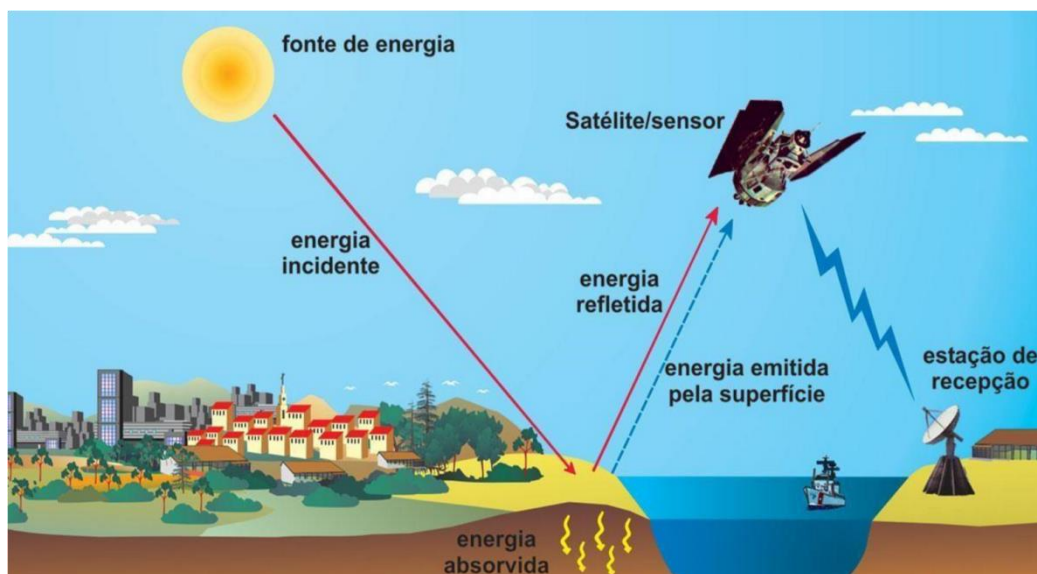
A energia eletromagnética responsável por essa tecnologia é a emissão por qualquer corpo que possua temperatura acima de zero grau absoluto (0 Kelvin). Desta maneira, todo corpo com uma temperatura absoluta acima de zero pode ser considerado como uma fonte de energia eletromagnética, o sol e a Terra são as duas principais fontes naturais de energia eletromagnética, sendo utilizadas no sensoriamento remoto (MORAES, 2002).

Esses sensores são habilitados para transformar a energia eletromagnética, podendo ser ativos ou passivos. Os sensores ativos são aptos a produzir sua própria radiação para interação com os objetos terrestres. Os sensores passivos recebem a radiação refletida ou transmitida pelos instrumentos na superfície do planeta.

Para Silva (2009) as técnicas de sensoriamento remoto envolvem quatro elementos fundamentais: a fonte de radiação eletromagnética, a atmosfera, o alvo e o sensor.

Através da atmosfera propaga-se a radiação eletromagnética – REM, sofrendo modificações na sua intensidade e distribuição espectral. Ao atingir o alvo, a REM incidente sofre um processo de interação caracterizado pelos fenômenos de absorção, reflexão e transmissão. A fração de REM refletida ou emitida atravessará novamente a atmosfera, sofrerá novas modificações e atingirá o sensor, localizado em órbita da Terra, podendo ser mostrado através da Figura 4 abaixo (SILVA, 2009, p. 25).

Figura 4 - Obtenção de imagem.



Fonte: Florenzano, 2005.

O Geoprocessamento é uma ferramenta imprescindível para o Brasil em função da dinâmica transformação do seu território e da consequente necessidade de seu monitoramento. De acordo com Rodrigues (1990, p.01) pode ser definido como um conjunto de tecnologias de coleta e tratamento de informações espaciais e de desenvolvimento, e uso, de sistemas que as utilizam.

Já para Dias (2008) o geoprocessamento é um termo amplo, que engloba um conjunto de diversas tecnologias de tratamento e manipulação de dados geográficos, por meio de programas computacionais destinadas às informações espaciais, que vai desde a aquisição de dados até ao produto final – o mapa - utilizando técnicas matemáticas.

As principais técnicas do Geoprocessamento são as seguintes: Sistemas de digitalização; Sistemas de conversão de dados; Sistemas de modelagem digital de terreno; Sistemas de processamento de imagens; Sensoriamento Remoto e Sistemas Geográficos de Informações.

O rápido desenvolvimento do sensoriamento remoto e do geoprocessamento, nas últimas décadas do século XX, resultou do aparecimento de diversos problemas de ordem mundial, tais como a poluição e a exaustão dos recursos naturais, a escassez de alimentos e a desertificação, cuja indicação de soluções depende de meios rápidos e eficientes de coleta e análise de dados. O sensoriamento remoto e o geoprocessamento são importantes tecnologias para a obtenção e análise de informações de objetos e/ou fenômenos que ocorrem na superfície da terra (SILVA, 2009).

O avanço nas pesquisas e geração de novos sensores orbitais e sua distribuição de forma mais acessível aos usuários, torna as imagens de satélite um dos produtos de sensoriamento remoto mais utilizado para análise da cobertura terrestre (PONZONI, 2001).

De acordo com Florenzano (2002) as imagens de satélite proporcionam uma visão sinóptica (de conjunto) e multitemporal (de dinâmica) de extensas áreas da superfície terrestre.

4 METODOLOGIA

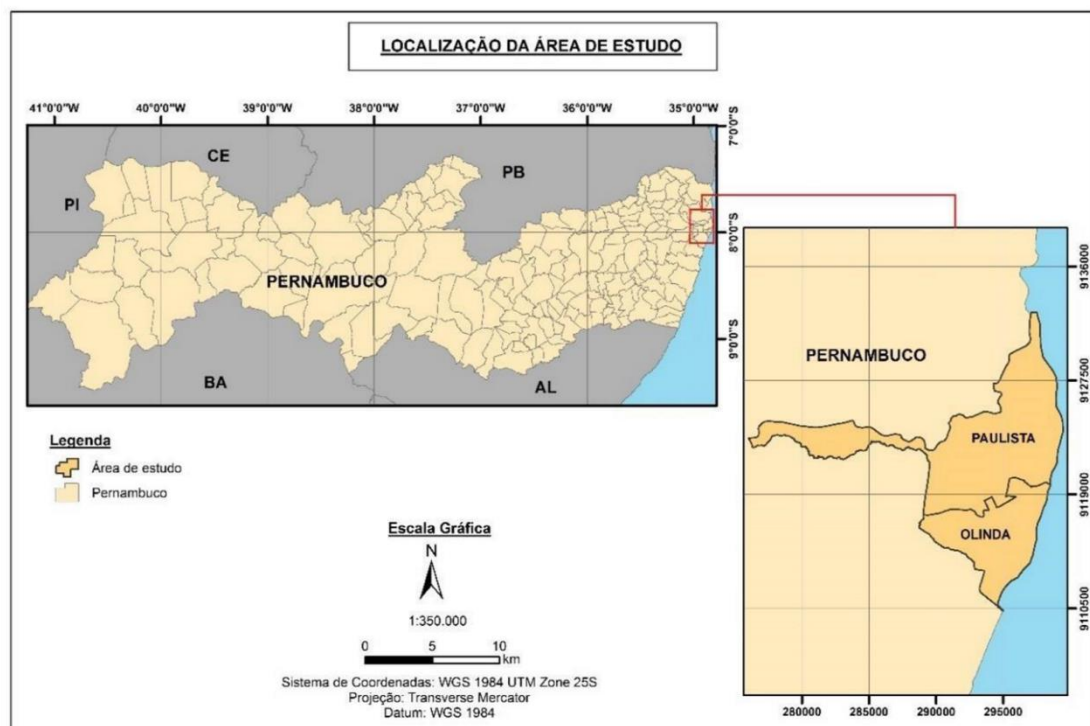
4.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A Região Metropolitana do Recife é composta por 14 municípios, possui uma área de 2.772 km, destes municípios estão Olinda e Paulista (figura 5). O município de Olinda sendo considerado a maior cidade de Pernambuco em densidade demográfica, abriga uma população de 397.268 habitantes (IBGE, 2009).

O município de Paulista está localizado ao norte da capital pernambucana, segundo dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), ocupa uma área de 93,52 km² com população estimada de 316.719 habitantes, tendo um clima quente e úmido com chuvas no inverno.

Composto por uma faixa litorânea com terrenos submetidos à influência constante das marés desenvolve-se a vegetação de mangue. As praias de Paulista fazem parte do maior pólo de lazer náutico do Nordeste, Paulista ainda tem construções que recontam a história, com casarios e igrejas erguidas no período colonial. O Forte de Pau Amarelo, construído no século XVIII pelos portugueses, marca o local do primeiro desembarque dos holandeses no Brasil.

Figura 5 - Localização das áreas de estudo



Fonte: O Autor, 2017

4.2 AQUISIÇÃO DE IMAGENS

A aquisição das imagens em estudo foram adquiridas em dois locais distintos, sendo o primeiro pelo Google Earth Pro e o segundo pelo programa Pernambuco Tridimensional (PE3D). Na primeira as imagens foram adquiridas dos anos de 2007, 2009 e 2011 sendo da praia do Janga em Paulista, logo após, adquirimos os anos de 2003 e 2009 da praia de Pau Amarelo, também localizada no município de Paulista, e por último foram obtidas as imagens do município de Olinda, nos anos de 2003, 2010 e 2011.

Na segunda etapa de obtenção de imagens, foi realizada a aquisição pelo Programa Pernambuco Tridimensional (PE3D), onde foi trabalhado o recobrimento aerofotogramétrico e perfilhamento a laser de todo o território de Pernambuco.

As imagens adquiridas por meio desse programa foram de 2014, para os dois municípios em estudo.

Toda a operação foi realizada no sistema de recepção de dados e imagens de satélites existente no GEOSERE/UFRPE (Laboratório de geoprocessamento e Sensoriamento Remoto da Universidade Federal Rural de Pernambuco).

4.3 TRATAMENTO DAS IMAGENS

As imagens foram tratadas através do Software QGIS 2.18, antes conhecido como Quantum GIS. Trata-se de um software livre de sistema de informações geográficas que provê visualização, edição e análise de dados georreferenciados.

Como primeiro passo, foi criado um projeto e realizado alguns ajustes, que vão desde o título até a escolha do Sistema de Referência de Coordenadas (SRC), sendo este o SIRGAS 2000 / UTM zone 25S.

Após ter realizado este procedimento, adicionou-se a camada raster, que se trata da imagem de satélite. Para que pudesse ser feito a mensuração dos locais erodidos, foi feito a vetorização da área, a mesma permite transformar linhas e contornos de uma foto ou imagem em representações numéricas, e a partir de então obter informações de áreas, distâncias, perímetros e outros. Através da vetorização das áreas foi possível mensurar toda a área e conseguir chegar ao resultado esperado.

4.4 TRABALHO EM CAMPO

Os municípios de Paulista e Olinda possuem uma extensa faixa litorânea de quase 200 km. No município de Paulista temos as praias de Pau Amarelo, Janga, Nossa Senhora do Ó, Conceição e Maria Farinha. A visita foi realizada nas praias de Maria Farinha (Pontal de Maria Farinha), Pau Amarelo e Janga.

No município de Olinda uma quantidade maior de praias, Rio Doce, Casa Caiada, Bairro Novo, Farol, Carmo, Milagres e Del Chifre, em estudo destacam-se as praias de Rio Doce e Casa Caiada. A visita foi realizada no dia 14 de novembro de 2011, sendo coletados vinte pontos, iniciando-se no Pontal de Maria Farinha e terminando nas praia de Casa Caiada. A mesma foi realizada juntamente com o Professor Hernande Pereira, sendo utilizado o GPS Garmim para a coleta dos pontos.

4.5 CÁLCULO DAS ÁREAS ERODIDAS E DAS TAXAS DE EROSÃO

Nesta parte da pesquisa foram realizados cálculos das áreas erodidas e das taxas de erosão durante os anos em estudo e os dias. Após ter feito a vetorização no software QGIS 2.18, foi possível fazer o cálculo da área indo na “Calculadora de Atributos”, após realizar o procedimento todos os dados foram armazenados no ícone “Tabela de Atributos”.

O cálculo da taxa de erosão foi executado através do Microsoft Excel, onde foi colocado o resultado dos anos e dias e seus respectivos valores. Em seguida foi possível gerar um gráfico linha, para que pudesse ter melhor visualização dos resultados obtidos.

4.6 RELAÇÃO COM AS MUDANÇAS CLIMÁTICAS

Esta etapa da pesquisa foi possível realizar através de pesquisas bibliográficas em sites, jornais e artigos. Podendo estabelecer a relação que existe das mudanças climáticas na erosão costeira mundial, nacional e local. Algumas pesquisas foram adquiridas através do Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto (SBSR), jornais e IPCC.

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os municípios litorâneos de Paulista e Olinda fazem parte da RMR e nos últimos anos têm sofrido bastante com os processos de erosão marinha. Os primeiros registros datam na época de 1914, relatam os danos que foram causados pelo molhe que fica no istmo de Olinda e pelas obras de ampliação do Porto de Recife. Desde então, vários trechos do litoral apresentam problemas erosivos.

5.1 MUNICÍPIO DE OLINDA

Em Olinda foram instalados espigões para que pudesse conter a erosão, onde posteriormente tiveram que ser ampliados. As obras implantadas sem o conhecimento aprofundado da dinâmica ambiental local impediram a destruição de casas e outros equipamentos urbanos, mas acentuaram o processo de erosão da praia ao Norte.

Foram vetorizadas quatro imagens de anos diferentes, gerando polígonos, sendo estes de 2003 (figura 7), 2010 (figura 8), 2011 (figura 9), 2014 (figura 10) e 2016 (figura 11), para que houvesse uma precisão diante da situação da maré no dia, mês e ano da aquisição das imagens, foi feito um quadro (quadro 1) com essas informações através do site da CPTEC (Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos).

A visita realizada às praias de Casa Caiada e Rio Doce em novembro de 2017, foi realizada para a coleta das coordenadas (figura 06), com a visita foi possível perceber o quanto o mar erodiu as praias de Olinda, o calçadão que ali existe é apenas algo que leva os moradores a realizarem algum passeio, porém o mesmo encontra-se desgastado por causa do avanço do mar.

Não existe mais uma área próxima ao mar para os banhistas realizarem seu lazer. Na tabela abaixo estão os pontos e coordenadas coletados em Olinda em novembro de 2017 (quadro 2).

Quadro 1 - Tábua de Marés referente aos anos de 2010, 2011 e 2016 em Olinda

Olinda		
16/11/2010	02/12/2011	25/11/2016
06:19 0.6 m	03:11 0.7 m	01:15 1.9 m
12:36 1.8 m	09:34 1.7 m	07:28 0.5 m
18:41 0.7 m	15:39 0.8 m	13:43 2.0 m
-	21:51 1.7 m	19:51 0.5 m

Quadro 2 - Coordenadas da orla de Olinda

Praia	Ponto	Latitude	Longitude	Observação
Olinda	306	7°94'38.75''	34°82'46.67''	Coqueiro caído
	307	7°94'38.75''	34°82'46.67''	Próximo ao barco
	308	7°96'24.99''	34°82'98.21''	Início das pedras de contenção
	309	7°96'28.16''	34°83'00.08''	Início das pedras de contenção

Figura 06 - Visita à Orla de Olinda



Fonte: O Autor, 2017

Figura 7: Vetorização da orla de Olinda 2003



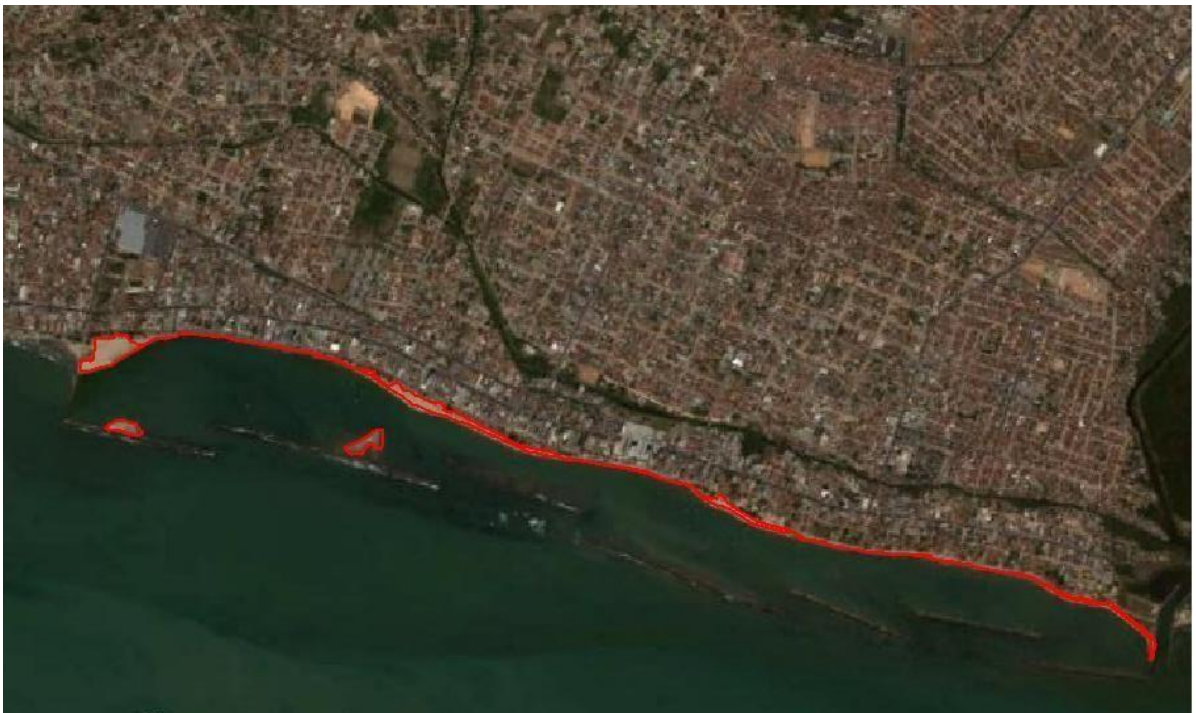
Fonte: Google Earth, 2017

Figura 8: Vetorização da Orla de Olinda 2009



Fonte: Google Earth, 2017

Figura 9: Vetorização da Orla de Olinda 2011



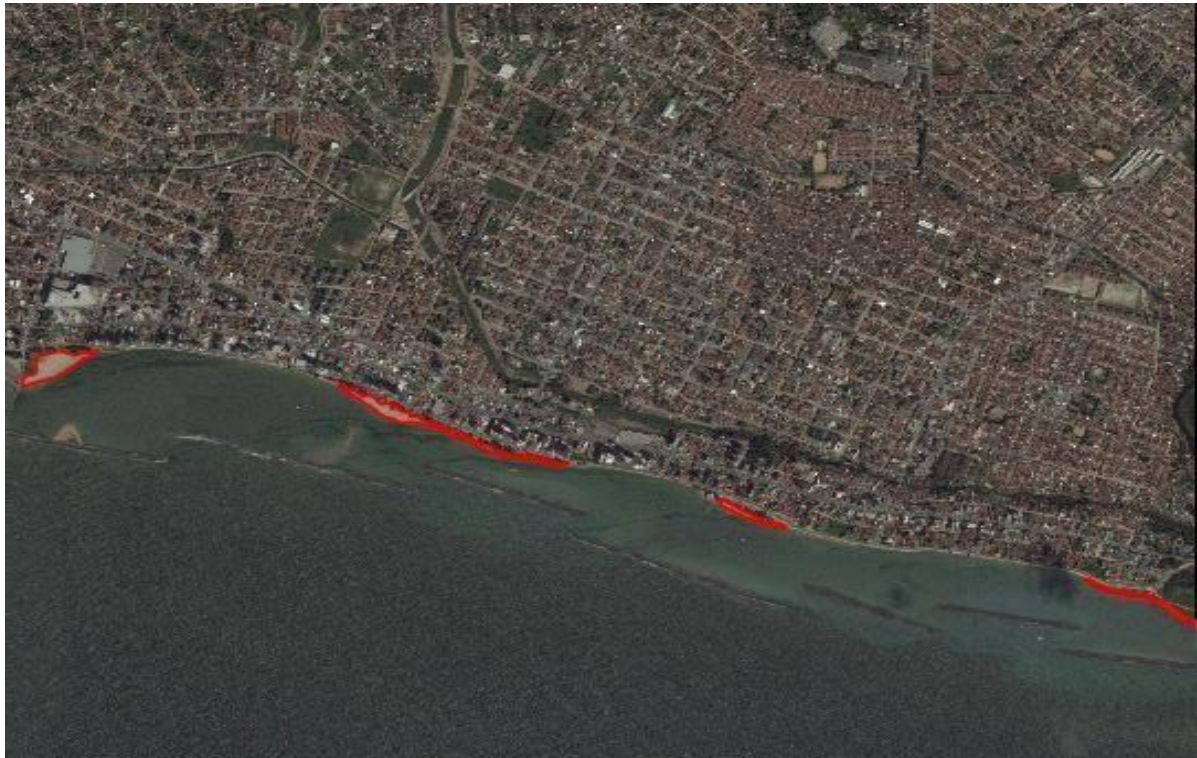
Fonte: Google Earth, 2017

Figura 10: Vetorização da Orla de Olinda 2014



Fonte: Pernambuco Tridimensional, 2017

Figura 11: Vetorização da Orla de Olinda 2016



Fonte: Google Earth, 2017

O valor da variação total da área localizada em Olinda durante 13 (treze) anos foi de 174 m² (área erodida), com uma taxa de variação diária de 0,47 m²/dia. Com os dados obtidos do cálculo (quadro 3), pode-se perceber o acréscimo dos sedimentos nesta região (gráfico 1).

De acordo com o G1 a erosão causada na Orla na praia de Olinda foi também pela ampliação do Porto Recife e das obras de contenção realizadas pela Prefeitura de Olinda no período de 2010 a 2012, por este motivo houve uma queda no ano de 2011, onde as obras estavam firmes, porém nos demais anos, pode-se perceber o quanto de sedimento foi acrescido nos anos de 2014 e 2016.

Quadro 03 - Área da orla de Olinda durante treze anos

Anos	2003	2010	2011	2014	2016
Orla(m ²)	1.886	1.397	888	4.053	4.149

CÁLCULO DA TAXA DE EROÇÃO DO PERÍODO ESTUDADO**Diferença entre o ano inicial e o ano final:**

$$2016 - 2003 = 13 \text{ anos}$$

Diferença entre o valor inicial e o valor final:

$$4.149 - 1.886 = 2.263 \text{ m}^2$$

Para chegarmos no valor final dos treze anos, foi dividido o resultado final da diferença entre os valores e a quantidade de anos:

$$2.263 / 13 = 174 \text{ m}^2$$

O quadro 3 contém a variação de um ano a outro, sendo possível através da mesma analisar o gráfico 1 e suas variações durante os anos. Para que fosse possível verificar a diferença das variações, foi feito o mesmo cálculo realizado acima, como exemplo foi pego os dois primeiros anos 2003 e 2010:

CÁLCULO DA TAXA DE EROÇÃO DO PERÍODO ESTUDADO**Diferença entre os dois primeiros anos:**

$$2010 - 2003 = 7 \text{ anos}$$

Diferença entre os valores de cada ano:

$$1.886 - 1.397 = 489 \text{ m}^2$$

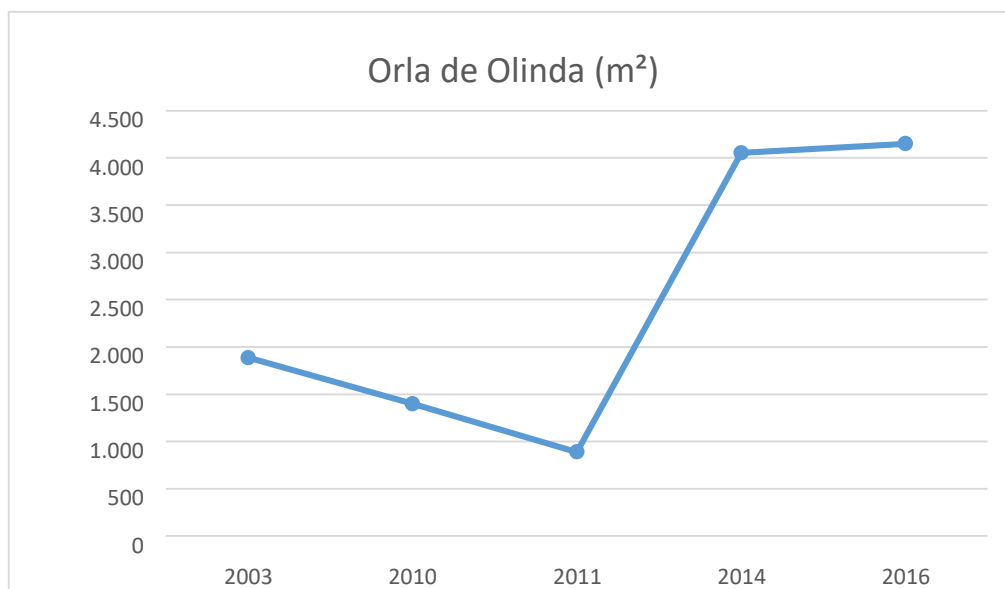
Para chegarmos no valor final dos sete anos, foi dividido o resultado final da diferença entre os valores e a quantidade de anos: $489 / 7 = 69,8 \text{ m}^2$

Quadro 4 - Variação de área nos períodos de anos estudados na Orla de Olinda

Anos	2003 a 2010	2010 a 2011	2011 a 2014	2014 a 2016
Orla (m ²)	69,8	509	1.055	48

Com este quadro de variação e o gráfico gerado é possível perceber o quanto oscilou a erosão a cada intervalo de ano, sendo possível perceber a diminuição, aumento e em seguida a perda drástica dos sedimentos, sendo estes depositados na praia posterior, a praia do Janga em Paulista.

Este “efeito dominó” ocorre por diversos motivos, um dos é a ocorrência da interferência no balanço sedimentar costeiro nessa orla, nesse caso a de Olinda, provocando assim a erosão costeira em Paulista, que será visto posteriormente.

Gráfico 01 - Variação da área da orla de Olinda

5.2. MUNICÍPIO DE PAULISTA

Em Paulista na década de 90, foram construídos espigões, quebra-mares e engorda artificial na praia do Janga. Após a construção das referidas obras, quatro trechos da orla intervencionada apresentaram forte processo erosivo numa extensão de 0,7 km.

Ocorreu também a transferência do processo erosivo para a vizinha praia de Pau Amarelo, provocando destruição numa extensão de aproximadamente 5 km. Com o agravamento do problema da erosão na orla do Paulista, inclusive ameaçando o histórico Forte de Pau Amarelo. (SOUZA, 2015).

Foi verificado que durante os anos os imóveis desta região construíram barreiras de proteção contra o avanço do mar, que não deram os resultados esperados e ainda ocupavam mais o pouco espaço.

- Praia do Janga

Foram vetorizadas quatro imagens de anos diferentes, gerando polígonos, sendo estes de 2007 (figura 13), 2009 (figura 14), 2011 (figura 15), 2014 (figura 16) e 2016 (figura 17), foi possível adquirir a tábua de maré (quadro 5) pelo CPETEC (Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos) onde foi registrado os valores de cada dia, mês e ano em que houve a aquisição da imagem.

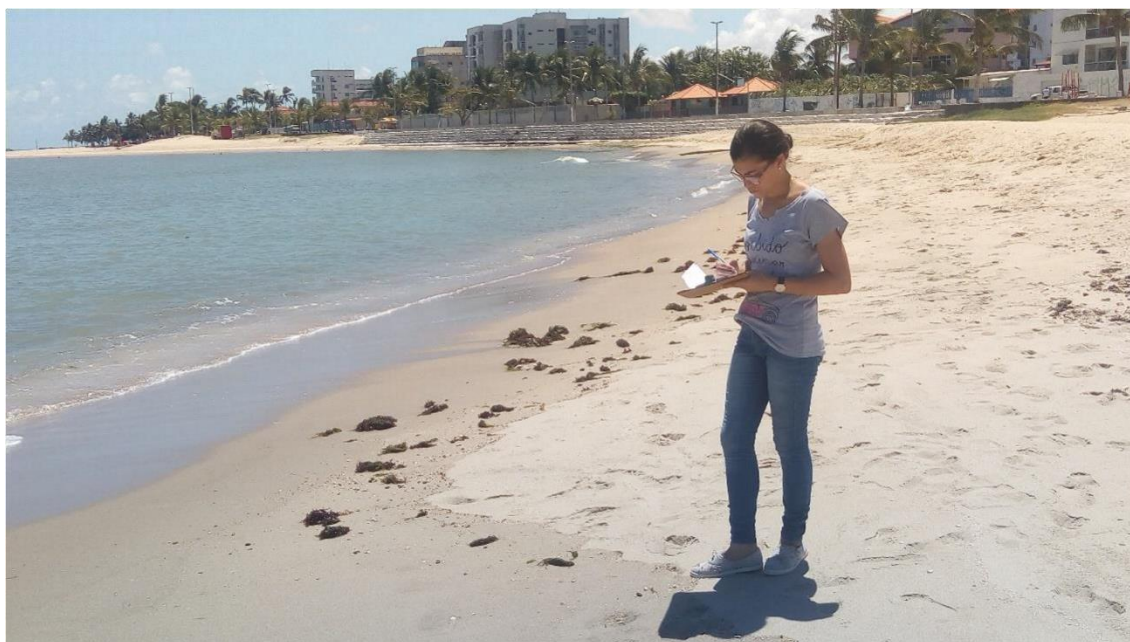
A visita realizada para a coleta dos pontos (quadro 6) e (figura 12) na praia do Janga pode-se observar que a área possui um conjunto de quebra-marés, além de obras de contenção da erosão que incluem enrocamento e muros de contenção. Sendo deixada ao esquecimento pela prefeitura de Paulista, onde pode ser observado esgoto à céu aberto em direção ao mar.

Quadro 5 - Tábua de Maré dos anos de 2009, 2011 e 2016 no Janga

Janga		
01/12/2009	02/12/2011	22/11/2016
00:38 1.9 m	03:11 0.7 m	04:36 0.7 m
06:54 0.5 m	09:34 1.7 m	11:02 1.8 m
13:09 1.9 m	15:39 0.8 m	17:09 0.8 m
19:21 0.5 m	21:51 1.7 m	23:21 1.8 m

Quadro 6: Coordenadas da Praia do Janga

Praia	Ponto	Latitude	Longitude	Observação
Janga	299	7°94'08.84''	34°82'40.84''	Quina do calçadão com bagwall
	300	7°94'08.25''	34°82'39.92''	Pontal da praia próximo ao campo de futebol
	301	7°94'02.73''	34°82'34.61''	Pontal da praia próximo ao campo de futebol
	302	7°94'09.54''	34°82'40.69''	Saída do esgoto - extremidade do bagwall
	303	7°94'20.47''	34°82'41.23''	Outra extremidade do bagwall

Figura 12 - Visita à Orla do Janga

Fonte: O Autor, 2017

Figura 13: Vetorização da Orla do Janga 2007



Fonte: Google Earth, 2017

Figura 14: Vetorização da Orla do Janga 2009



Fonte: Google Earth, 2017

Figura 15: Vetorização da Orla do Janga 2011



Fonte: Google Eath, 2017

Figura 16: Vetorização da Orla do Janga 2014



Fonte: Pernambuco Tridimensional, 2017

Figura 17: Vetorização da Orla do Janga 2016

Fonte: Google Earth, 2017

Na praia do Janga a variação total da área durante dez anos foi de 546 m² (área erodida), com uma taxa de variação diária de 1,50 m²/dia, como pode ser verificado através do quadro abaixo (quadro 7) e do gráfico gerado (gráfico 2).

Tanto a tabela quanto o gráfico mostram de forma clara a perda que essa praia sofreu durante os anos.

Quadro 07 – Área da orla do Janga durante dez anos

Anos	2007	2009	2011	2014	2016
Orla (m ²)	74294	89473	77726	69620	69380

O quadro 8 contém a variação de um ano a outro, sendo possível através da mesma analisar o gráfico (gráfico 2) e suas variações durante os anos. Para que fosse possível verificar a diferença dessa variação, foi feito o mesmo cálculo realizado na praia de Olinda.

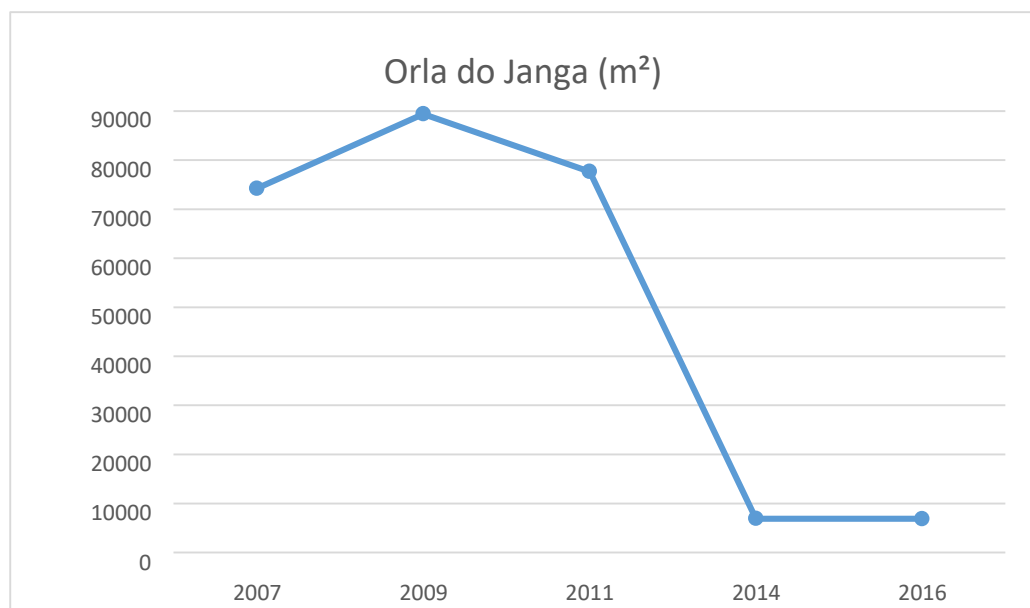
Observando as duas tabelas e o gráfico, pode-se perceber a queda ocorrida no ano de 2011, esta queda foi devido também às construções mal sanadas de enrocamentos, espigões e

quebra-mares, porém essas obras acabaram causando focos de erosão e a linha de costa acabou recuando muito devido a essa intervenção antrópica, que ocorreu sem o estudo necessário.

Quadro 8 - Variação de área na Orla do Janga nos períodos estudados

Anos	2007 a 2009	2009 a 2011	2011 a 2014	2014 a 2016
Orla (m ²)	44.736,50	319.029	2.702	120

Gráfico 02 - Variação da área da orla do Janga



- *Praia de Pau Amarelo*

Foram vetorizadas quatro imagens de anos diferentes, gerando polígonos, sendo estes de 2003 (figura 19), 2009 (figura 20), 2011 (figura 21), 2014 (figura 22) e 2016 (figura 23). Através do CEPTEC foi possível elaborar um quadro (quadro 9) com os dados da tábua de maré referentes ao dia, mês e ano que foi realizada a aquisição da imagem, fornecido apenas dois anos, 2009 e 2016.

A visita realizada à praia de Pau Amarelo (figura 18) foi possível perceber de maneira nítida o quanto a erosão havia desgastado todo o calçadão que ali existia, sendo colocado dissipador de energia (do tipo Bagwall) construído sobre a linha de costa, em formato de escadaria e sendo enraizado no continente, porém a introdução do mesmo, após um tempo não estava resolvendo o problema.

A situação da praia de Pau Amarelo torna-se mais cautelosa pelo fato da presença de um esgoto que sai de uma das ruas e vai sentido mar, tornando a água imprópria para o uso. Abaixo segue o quadro 10 com os pontos e suas respectivas coordenadas, coletadas na visita.

Quadro 9 - Tábua de Maré dos anos de 2009 e 2016 em Pau Amarelo

Pau Amarelo	
24/11/2009	01/02/2016
02:51 0.7 m	03:26 0.8 m
09:09 1.6 m	09:49 1.7 m
15:11 0.9 m	16:04 0.8 m
21:26 1.7 m	22:24 1.7 m

Quadro 10 - Coordenas da Praia de Pau Amarelo

Praia	Ponto	Latitude	Longitude	Observação
Pau Amarelo	296	7°91'28.44''	34°82'15.55''	Quina do canal próximo a praia
	297	7°91'05.01''	34°82'26.07''	Bagwall em frente ao Forte de Pau Amarelo
	298	7°90'88.31''	34°82'34.87''	Saída de rua do esgoto para o mar

Figura 18 - Visita à orla de Pau Amarelo



Fonte: Google Earth, 2017

Figura 19 - Vetorização da Orla de Pau Amarelo 2003



Fonte: Google Earth, 2017

Figura 20 - Vetorização da Orla de Pau Amarelo 2009



Fonte: Google Earth, 2017

Figura 21 - Vetorização da orla de Pau Amarelo 2011



Fonte: Google Earth, 2017

Figura 22 - Vetorização da orla de Pau Amarelo 2014



Fonte: Google Earth, 2017

Figura 23 - Vetorização da orla de Pau Amarelo 2016



Fonte: Google Earth, 2017

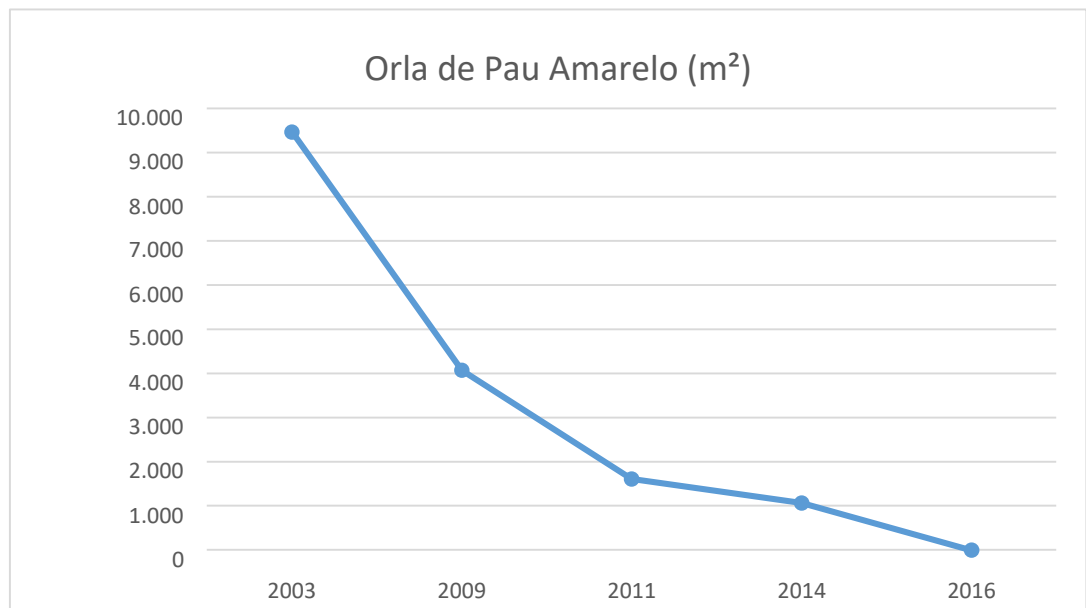
Na praia de Pau Amarelo a variação total da área durante treze anos foi de 656 m² (área erodida), com uma taxa de variação diária de 1,80 m²/dia, como pode ser verificado através do quadro 11 e pelo gráfico 3 gerado. Durante os treze anos de estudo, de forma nítida é possível observar o quanto de sedimento foi perdido na praia de Pau Amarelo no período estudado.

De acordo com o G1, além das obras realizadas sem nenhum estudo técnico, sendo o mesmo de custo alto e sem a garantia de sustentação durante os anos, este resultado continua a comprimir os sistemas costeiros que atuam de forma direta para reduzir na capacidade de resiliência ambiental, como também pela iniciativa da população em colocar estruturas tradicionais, estruturas estas com baixo nível técnico, tendo como objetivo de evitar o avanço domar.

Dias (1993) destaca que tais estruturas contribuem para deixar mais estática a linha de costa, que está inserida em um meio com energia ou cargas dinâmicas, o que afeta diretamente o transporte sedimentar local.

Quadro 11 - Área da orla de Pau Amarelo durante treze anos

Anos	2003	2009	2011	2014	2016
Orla (m ²)	9.475	4.076	1.613	1.069	0.912

Gráfico 3 - Variação da orla de Pau Amarelo

5.3 INFLUÊNCIA DAS MUDANÇAS CLIMÁTICAS

A elevação do nível do mar devido a mudanças climáticas afetará, em longo prazo, o uso e ocupação da Zona Costeira, com impacto na economia nacional. (VIII PLANO SETORIAL PARA RECURSOS DO MA, 2012).

Hoje essa temperatura vem aumentando e causando, juntamente com outros fatores aos fenômenos como ressacas, inundações e erosão costeira, como vimos os resultados à cima, este fenômeno vem crescendo e trazendo preocupação e precisam de ações imediatas.

A erosão é um fenômeno que vem acontecendo de maneira corriqueira nessas áreas de estudo, pelo fato de a grande maioria das praias serem localizadas próximo a área urbana, à medida que o nível do mar aumenta e a temperatura se eleva, o que era calçada, torna-se areia novamente. Os responsáveis pela cidade recorrem a construção de barreiras para a proteção das mesmas, como aconteceu com as praias do Janga e Pau Amarelo no ano de 2013.

As mudanças climáticas podem causar um incremento nos riscos de diversos tipos de desastres naturais a partir do mar, através de aumento no nível dos oceanos e das tempestades; pela chuva, devido a precipitações mais fortes ou mais prolongadas; e por mudanças que aumentam o fluxo dos rios, devido ao incremento no derretimento de glaciares. (SATTERTHWAITE et al. 2007)

Nas zonas costeiras tais riscos são especialmente preocupantes em função não apenas da sua baixa altitude e contato com o mar, mas também devido à sua intrínseca vulnerabilidade física associada ao elevado dinamismo costeiro e da já citada tendência de grande concentração populacional.

Durante os anos os imóveis das regiões também construíram barreiras de proteção contra esse avanço do mar, que não deram os resultados esperados e ainda ocupavam mais o pouco espaço. A construção de espigões (estruturas dispostas perpendicularmente à linha de costa) pode provocar um agravamento da erosão à jusante do setor protegido, podendo deslocar o problema para outro local. Já a construção de muros de proteção (obra longitudinal à costa), impede a troca de sedimentos entre continente-mar promovendo um desequilíbrio no balanço sedimentar.

Esse desequilíbrio provoca um aumento gradativo na energia de arrebentação das ondas e consequentemente das taxas de erosão em decorrência do déficit de sedimentos que reduziriam o fluxo dinâmico através do atrito com o substrato (FARIAS, 2008).

O deslocamento dos sedimentos erodidos presentes nos municípios de Olinda e Paulista (Pau Amarelo e Janga), podem ser percebidos na Praia do Pontal de Maria Farinha, também

localizada em Paulista. O Pontal de Maria Farinha foi a primeira praia a ser visita (Figura 24), e de forma clara pode-se perceber o quanto de área foi preenchida pelos sedimentos erodidos, através dessa visita foi coletado os pontos (Tabela 12) e por meio do site do CPTEC pode-se verificar dois dos quatro anos a tábua de maré (Tabela 13).

O Pontal de Maria Farinha encontra-se localizada próximo ao Rio Timbó, onde nasce no Tabuleiro de Araçá, no município de Abreu e Lima, com o nome de Barro Branco, e atingi o estuário no município de Paulista. Desta maneira todo o sedimento trazido das duas praias trabalhadas ficam todos concentrados no Pontal de Maria Farinha, como mostra as quatro imagens adquiridas abaixo, pelo Google Earth Pro e pelo projeto Pernambuco Tridimensional, dos anos de 2007 (Figura 25), 2010 (Figura 26), 2014 (Figura 27) -PE3D e 2016 (Figura 28).

Quadro 12 - Coordenado do Pontal de Maria Farinha

Praia	Ponto	Latitude	Longitude	Observação
Pontal de Maria Farinha	291	7°84'11.61''	34°84'01.66''	Pequeno alagado
	292	7°83'97.71''	34°84'08.65''	Ponto em Maria Farinha em crescimento
	293	7°84'26.46''	34°83'90.74'	Próximo a cerca
	294	7°84'22.31''	34°83'83.11''	Monte em frente a rua
	295	7°84'28.14''	34°83'74.89''	Beira da Praia. (Aprox. 42 m de distância da quina do muro)

Quadro 13 - Tábua de Maré dos anos 2009 e 2016 no Pontal de Maria Farinha

Pontal de M aria Farinha	
01/12/2009	10/06/2016
02:41 2.2 m	01:26 0.6m
08:49 0.3 m	07:39 1.9m
14:58 2.3 m	14:02 0.5m
21:11 0.2 m	20:19 1.8m

Figura 24 - Visita ao Pontal de Maria Farinha



Fonte: O Autor, 2017

Figura 25 - Vetorização do Pontal de Maria Farinha em 2003



Fonte: Google Earth, 2017

Figura 26 - Vetorização do Pontal de Maria Farinha em 2009



Fonte: Google Earth, 2017

Figura 27 - Vetorização do Pontal de Maria Farinha em 2014



Fonte: Pernambuco Tridimensional, 2017

Figura 28 - Vetorização do Pontal de Maria Farinha em 2016



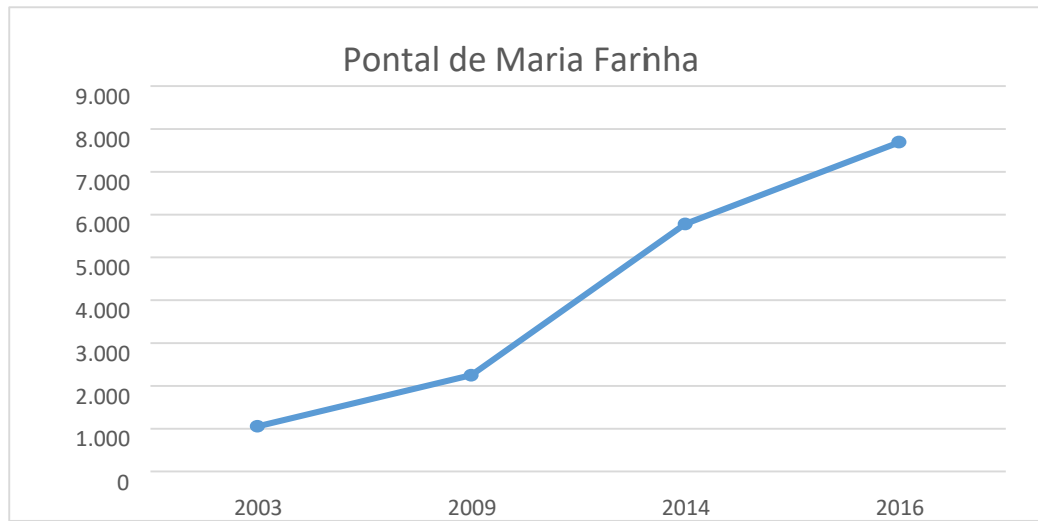
Fonte: Google Earth, 2017

Podemos verificar o aumento com relação aos sedimentos, mas para que possa ser comprovado em números, foi realizado a vetorização da área e em seguida a mensuração, gerando assim um gráfico (Gráfico 4) de cada área e seus respectivos anos.

No Pontal de Maria Farinha a variação total da área durante treze anos foi de 0,510 m² (área erodida), com uma taxa de variação diária de 0,001 m²/dia, como pode ser verificar esses valores na tabela abaixo (Quadro 14).

Quadro 14 - Área do Pontal de Maria Farinha

Anos	2003	2009	2014	2016
Área (m ²)	1.056	2.250	5.784	7.696

Gráfico 4 Variação da área do Pontal de Maria Farinha

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O estudo das áreas sobre influência da erosão marinha é de fundamental importância para a manutenção de obras históricas, como o Forte de Pau Amarelo, e social, como os prédios da orla de Olinda. Este estudo tem de ser verificado e analisado continuamente para um maior entendimento da dinâmica de marés, indicando assim os fatores de anomalias no nosso litoral.

Nas áreas de pesquisa houve a perda de material e o acréscimo de sedimentos existentes na orla, devido à presença de grãos de areia com granulometria fina, sendo de fácil retirada e transporte pela movimentação de marés.

Em todas as praias houve diferença de variação, onde foi possível perceber o quanto oscilou durante anos, porém todas perderam os sedimentos. A praia de Olinda perdeu sedimentos, sendo estes carregados para a praia do Janga, com uma erosão total de 174 m² e uma taxa de erosão diária de 0,47 m²/dia, Olinda foi uma das praias que mais sofreu com a erosão costeira durante os anos. Essa erosão foi maior devido à presença dos recifes que diminuem o impacto das ondas no litoral.

Na parte interna dos recifes houve a deposição de sedimentos, causando o aparecimento de bancos de areia, como é possível verificar na praia do Janga, a extensão litorânea realizada foi maior que as demais praias, tendo sua variação em 546 m² da perda de sedimentos e uma variação dia de 1,50 m².

A praia do Janga possui um conjunto de 9 quebra-mares, tendo a função de proteger o terreno e a praia, desta maneira modifica toda a deriva litorânea, esses quebramares são construídos afastados da praia, com o objetivo de interromper a energia das ondas que se aproximam.

Na praia localizada em Pau Amarelo houve uma perda da área de aproximadamente 659 m² em treze anos de estudo. Este fato foi ocasionado pela falta de proteção de recifes e pela retirada da vegetação existente naquela região, a qual dava sustentação e firmeza para o solo de granulometria fina.

Desta forma, esta pesquisa servirá para posteriores estudos de prevenção e geração de modelos de pesquisa. Tendo como alerta para as autoridades com relação a perda de sedimentos e aumento cada vez mais da erosão costeira, juntamente com a influência que as mudanças climáticas vêm trazendo, mudanças essas não apenas naturais, mas antrópicas. Sendo assim necessário estudos para averiguação da influência dos sistemas de contenção na proteção de áreas e sua influência nas correntes marítimas destas regiões.

REFERÊNCIAS

ARAÚJO, M. C. B. Análise da ocupação urbana das praias de Pernambuco Brasil. **Revista da Gestão Costeira Integrada**, n. 7, v. 2, 2007, p. 97-104. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/273416824_Analise_da_Ocupacao_Urbana_das_Praias_de_Pernambuco_Brasil>. Acesso em: 12 Dez. 2017.

BORGES, Paulo; LAMEIRAS, Goreti; CALADO, Helena. **A erosão costeira como factor condicionante da sustentabilidade**. In: 1º CONGRESSO DE DESENVOLVIMENTO REGIONAL DE CABO VERDE, 1., 2004, Portugal. **Anais..** Cabo Verde: Universidade Piaget, 2004. p. 66 – 75.

CÂMARA, G. et.al. **Anatomia de Sistemas de Informação Geográfica**. 1996. Disponível em: <<http://www.inf.pucrio.br/~casanova/Publications/Books/1996-SIG>> Acesso em: 15 Out. 2017

DASGUPTA, et. al **The Impact of Sea Level Rise on Developing Countries: A Comparative Analysis**. Policyn Research Working Paper 4136. World Bank, Washington, DC. 2007. 51 p.

DIAS, C. **Mapeamento do município de Pires do Rio Go: usando técnicas de Geoprocessamento**. 2008. 187f. Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Federal de Uberlândia. Uberlândia, MG, 2008.

Florenzano, T. G. **Imagens de satélite para estudos ambientais** São Paulo: Oficina de textos, 2002. 97 p.

IGNÁCIO, Gabriela M. et al. **Consequências da Intervenção Antrópica na Zona Costeira: Um Exemplo do Litoral do Paraná**. Universidade Federal do Paraná/PR. [2004?]. Disponível em: <http://www.uesb.br/anpuhba/artigos/anpuh_II/gabriela_m_ignacio.pdf>. Acesso em: 12 Dez. 2017.

IPCC. **Summary for Policymakers Climate Change: Impacts, Adaptation and Vulnerability**. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, Eds. Cambridge University Press, Cambridge, UK, 2007. p. 7-22.

KOMAR, P. D.. **Beach processes and sedimentation**. EUA: Prentice Hall, 1998. 544p.

LI, C., YIN, J., LIU, L. Research Overview on Urban Land Use Change Based on Remote Sensing Images. **International Journal of Environmental Science and Development**, EUA v.2, n.1, Feb. 2011.

LILLESAND, T. M.;KIEFER, R. W. **Remote sensing and image interpretation**, NewYork: John Wiley & Sons, 1994. 750 p.

MUEHE, D. **O Litoral Brasileiro e sua Compartimentação**:Geomorfologia do Brasil, Rio de Janeiro, 2001, 392 p.

MCT - MINISTÉRIO DA CIÊNCIA E TECNOLOGIA. **Manual de Capacitação: mudança climática e projetos de mecanismo de desenvolvimento limpo**. Centro de Gestão e Estudos Estratégicos. Brasília: [s.n.], 2008.

MAOTDR. **Programa Nacional da Política de Ordenamento do Território**. 2006.

Disponível: <

http://pnpot.dgterritorio.pt/sites/default/files/PNPOT_Programa_de_Acao_0.pdf>. Acesso em: 14 Nov. 2017.

MUEHE, D. **Geomorfologia Costeira**: Geomorfologia: Técnicas e Aplicações. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil. 1996.

MANSO, V. et.al. **Erosão e Progradação do Litoral Brasileiro**, 2006. Disponível em:<http://www.mma.gov.br/estruturas/sqa_sigercom/_arquivos/pe_erosao.pdf> Acesso em: 14 Nov. 2017.

MMA, **Documento Síntese do I Simpósio Nacional de Erosão Costeira**, 2006. Disponível em:<http://www.mma.gov.br/estruturas/sqa_sigercom/_arquivos/78_12122008093324.pdf> Acesso em: 14 Nov. 2017.

MORAES, E. C. **Fundamentos de Sensoriamento Remoto**. 2002.

Disponível em: < <https://pt.scribd.com/document/60479206/Fundamentos-SR>> Acesso em: 12 Dez. 2017.

OLIVEIRA, M. C. **Sensoriamento remoto: instrumento para o planejamento e a gestão do ambiente urbano** - Recife: O Autor, 2004. 75 Disponível:

<https://repositorio.ufpe.br/xmlui/bitstream/handle/123456789/6672/arquivo8285_1.pdf?sequence=1&isAllowed=y> Acesso em: 20 Nov. 2017.

PLENARIUM, **Aquecimento Global e Mudanças Climáticas: Uma introdução.** v.5, n.5, out., 2008. Disponível em: <file:///C:/Users/win10/Downloads/aquecimento_global_introducao.pdf>. Acesso em: 20 Jan. 2018

PNUD. **Relatório de Desenvolvimento Humano 2007/2008: Combater as alterações climáticas: Solidariedade humana num mundo dividido**, Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento, New York, 2007. Disponível em: < <http://hdr.undp.org/sites/default/files/hdr2007-8-portuguese.pdf>> Acesso em: 20 Maio 2018.

PEREIRA, L.C, C; JIMÉNEZ, J. A. and MEDEIROS, C. Environmental Degradation of the Littoral of Casa Caiada and rio Doce, Olinda-PE. **Journal of Coastal research**, Itajaí, SC, 2003. p. 502-508.

PEREIRA L.C.C., JIMÉNEZ J.A., COSTA R.M.A., MEDEIROS C.. **The influence of the environmental status of Casa Caiada and Rio Doce beaches (NE-Brazil) on beaches users**, 2003. Ocean & Coastal Management, 46 p.

PONZONI, F.J.; SHIMABUKURO, Y.E. **Sensoriamento remoto no estudo da vegetação.** São José dos Campos, SP: A. Silva Vieira Ed. 2001. 127 p.

RODRIGUES, M. **Introdução ao Geoprocessamento.** Simpósio Brasileiro de Geoprocessamento. São Paulo: Escola Politécnica, USP. 1990, p. 1-26.

SATTERTHIWAITE, D.; HUQ S.; PELLING M.; REID H.; LANKAO P. R. **Adapting to Climate Change in Urban Areas: the Possibilities and Constraints in Low – and Middle-income Nations: IIED Working Paper**, IIED, London. 2007. p. 107

SOUZA, M.A.L, **Proteção Costeira com o uso do dissipador de energia Bagwall na praia de pau Amarelo, Paulista, Pernambuco, Brasil.** VIII Congresso sobre Planejamento e Gestão das Zonas Costeiras Países de Expressão Portuguesa, Aveiro, 2007. p. 1-14

SILVA, I. R. **Subsídio para a Gestão Ambiental das Praias da Costa do Descobrimento, Litoral Sul do Estado da Bahia**, Revista de Gestão Costeira Integrada Brasil, v.8, n. 2, p. 47-60, dez. 2008.

SOUZA, C.R. de G. **A Erosão nas Praias do Estado São Paulo: Causas, Consequências, Indicadores de Monitoramento e Risco.** In: Bononi, V.L.R., Santos Junior, N.A, 2009, p. 48-69,

SILVA, Hernande Pereira. **Mapeamento das áreas sob risco de desertificação no semiárido de Pernambuco a partir de imagens de satélites**. 2009. Tese de Doutorado em Ciência do Solo – Universidade Rural Federal de Pernambuco, Recife. Disponível em: <http://ww3.pgs.ufrpe.br/sites/ww3.pgs.ufrpe.br/files/documentos/hernande_pereira_da_silva_0.pdf> Acesso em: 10 Nov. 2017.